PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-171989
(43)Date of publication of application : 19.06.1992

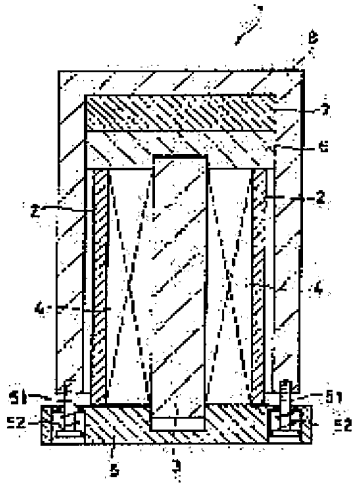
(51)Int.Cl. H01L 41/06

(21)Application number : 02-300209
(22)Date of filing : 06.11.1990

(71)Applicant : TDK CORP
(72)Inventor : MORI TERUO
HIROSE KAZUNORI

(54) MAGNETOSTRICTION ELEMENT

(57)Abstract:
PURPOSE: To obtain a magnetostriction element whose eddy-current loss is small, which is suitable for an ultrasonic oscillator, which is strong and which is small-sized by a method wherein, while an AC magnetic field and/or a DC magnetic field are being applied to a ferromagnetic body by using a coil, the ferromagnetic body, an electrostriction material and one pair of yokes form a closed magnetic circuit.



CONSTITUTION: One end part in the axial direction of a ferro-magnetic body 3 is fixed to a yoke 6; and the other end part is inserted into a recessed part formed in the center of a vibration-radiating member 5. The side face of the ferromagnetic body 3 is in a contact state with the inside face of the recessed part in the vibration-radiating member 5; and a gap exists between the bottom face of the recessed part and the bottom face of the ferromagnetic body 3. When the intensity of a magnetic field exerted on the ferromagnetic body 3 is changed, the intensity of a magnetic field exerted on a magnetostriction material 2 is changed accordingly, and the magnetostriction material 2 is expanded and contracted in its axial direction. When the vibration-radiating member 5 is vibrated in the up-and-down direction by its

expansion and contraction, the ferromagnetic body 3 and the vibration-radiating member 5 can relatively be moved while they are in contact with each other. A closed magnetic circuit which is composed of the ferromagnetic body 3, the magnetostriction material 2, the vibration-radiating member 5 and the yoke 6 is always formed. Thereby, it is possible to avoid the influence of a diamagnetic field.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑲日本国特許庁(JP)　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)　平4−171989

⑤1Int.Cl.⁵	識別記号	庁内整理番号	⑬公開　平成4年(1992)6月19日
H 01 L 41/06		7376−4M	

審査請求　未請求　請求項の数 4　(全6頁)

⑤4発明の名称　磁歪素子

⑳特　願　平2−300209
㉒出　願　平2(1990)11月6日

⑦2発明者　森　輝夫　東京都中央区日本橋1丁目13番1号　テイーデイーケイ株式会社内
⑦2発明者　広瀬一則　東京都中央区日本橋1丁目13番1号　テイーデイーケイ株式会社内
⑦1出願人　テイーデイーケイ株式会社　東京都中央区日本橋1丁目13番1号
⑦4代理人　弁理士　石井陽一　外1名

明細書

1．発明の名称

磁歪素子

2．特許請求の範囲

(1)希土類金属元素と鉄とを含有する筒状の磁歪材と、前記磁歪材の中心孔内に設けられた柱状ないし筒状の強磁性体と、前記磁歪材と前記強磁性体との間に設けられたコイルと、一対のヨークとを有し、

前記一対のヨークの一方が前記磁歪材の一方の端部および前記強磁性体の一方の端部に接し、他方のヨークが前記磁歪材の他方の端部および前記強磁性体の他方の端部に接しており、

前記コイルにより前記強磁性体に交流磁界および／または直流磁界を印加しているときに、前記強磁性体、前記磁歪材および前記一対のヨークが閉磁気回路を形成していることを特徴とする磁歪素子。

(2)前記強磁性体の飽和磁束密度が前記磁歪材の飽和磁束密度よりも高い請求項1に記載の磁歪素子。

(3)振動子として用いられる請求項1または2に記載の磁歪素子。

(4)前記一方のヨークの表面に接して錘を有する請求項3に記載の磁歪素子。

3．発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は、磁歪素子に関し、特に超音波振動子に好適な磁歪素子に関する。

<従来の技術>

超音波振動子は、海底探査や魚群探知機等の各種用途に用いられている。

超音波振動子として汎用されているのは、圧電材料や磁歪材料等に高周波の電界や磁界を印

加して振動させる構成のものである。

これらのうち、圧電材料と電極とを積層したいわゆる積層型の圧電振動子は、一層あたりの厚さが薄いため、比較的大きい振幅を得るためには数百層も積層する必要があり、構造が複雑となってしまう。

また、バイモルフ型やユニモルフ型の圧電振動子は、圧電材料が数十～数百ミクロン程度と薄いために、発生する力が小さい。

また、フェライト、ニッケル、アルフェロ等の鉄族系磁歪材を用いた磁歪振動子は、変位量が小さい。

このような事情から、希土類金属元素と鉄とを主成分とし磁界変化に対する変位量が極めて大きい超磁歪材料を用いた磁歪振動子が提案されている。

超磁歪材料を用いた磁歪振動子は、通常、柱状の磁歪材を交流磁界印加用のコイルが取り囲んだ構成となっている。

超音波振動子として用いられる場合、磁歪材には高周波磁界が印加されるので、磁歪材の渦電流損が問題となる。　希土類金属元素と鉄とを主成分とする超磁歪合金は抵抗率が低いので、渦電流損を低減するために、従来、磁歪材と絶縁材とを、これらの界面が磁界方向を含むように積層している。　柱状の積層磁歪材を形成するためには、長方形の磁歪材と非磁性材とを積層することが一般的であるが、この場合、積層磁歪材の形状が四角柱となるため、コイルを巻回したときに積層磁歪材とコイルとの間にデッドスペースが生じ、振動子が大型化してしまう。　デッドスペースの発生を防ぐためには積層磁歪材を円柱状になるように研削しなければならず、製造に手間がかかってコスト高となってしまう。

また、振動を与える媒質の粘性が高い場合、振動子には強力な力が要求されるが、印加磁界強度の変化により磁歪材が発生する力は磁歪材の断面積に比例するので、磁歪材の断面積を大きくする必要が生じて振動子の大型化が避けられない。　なお、この場合の断面積とは、磁界印加方向に垂直な断面のものである。

なお、磁歪材の断面積増大の問題は、磁歪振動子に限らず、磁歪材の伸縮を利用したアクチュエータ等、他の磁歪素子においても同様である。

＜発明が解決しようとする課題＞

本発明は、このような事情からなされたものであり、渦電流損が小さく超音波振動子に好適であり、しかも、強力かつ小型の磁歪素子を提供することを目的とする。

＜課題を解決するための手段＞

このような目的は、下記（１）～（４）の本発明により達成される。

（１）希土類金属元素と鉄とを含有する筒状の磁歪材と、前記磁歪材の中心孔内に設けられた柱状ないし筒状の強磁性体と、前記磁歪材と前記強磁性体との間に設けられたコイルと、一対のヨークとを有し、

前記一対のヨークの一方が前記磁歪材の一方の端部および前記強磁性体の一方の端部に接し、他方のヨークが前記磁歪材の他方の端部および前記強磁性体の他方の端部に接しており、

前記コイルにより前記強磁性体に交流磁界および／または直流磁界を印加しているときに、前記強磁性体、前記磁歪材および前記一対のヨークが閉磁気回路を形成していることを特徴とする磁歪素子。

（２）前記強磁性体の飽和磁束密度が前記磁歪材の飽和磁束密度よりも高い上記（１）に記載の磁歪素子。

（３）振動子として用いられる上記（１）または（２）に記載の磁歪素子。

（４）前記一方のヨークの表面に接して膜を有する上記（３）に記載の磁歪素子。

＜実施例＞

以下、本発明を、図面に示す好適実施例に基づいて詳細に説明する。

第１図に、本発明の磁歪素子を磁歪振動子に適用した場合の好適実施例を示す。

第１図に示される磁歪振動子１は、円筒状の磁歪材２と、磁歪材２の中心孔内に設けられた円柱状の強磁性体３と、磁歪材２と強磁性体３との間に設けられたソレノイド状のコイル４と、振動放射部材５と、ヨーク６と、錘７とを有し、これらがケーシング８に収納されている。

ヨーク６および錘７はそれぞれ円盤状であり、円筒状のケーシング８に対して固定された状態にある。　固定手段は特に限定されず、ボルトやネジ止め、あるいは接着剤等でよい。

一方、円盤状の振動放射部材５にはボルト孔が穿設されており、このボルト孔に遊嵌状態に挿入されているボルト５１がケーシング８と螺合している。　そして、ボルト５１の頭部と振動放射部材５との間にはバネ５２が設けられており、このバネ５２により振動放射部材５は常にケーシング８に向かう方向の力を受け、これにより振動放射部材５とヨーク６とは磁歪材２を挟持している。

強磁性体３の軸方向の一方の端部はヨーク６にネジ止めや接着等により固定されており、他方の端部は振動放射部材５の中央に設けられた凹部に挿入されている。　強磁性体３の側面は振動放射部材５の凹部内側面と接触状態にあり、凹部の底面と強磁性体３の底面との間には、図示されるように間隙が存在する。　この構成により、磁歪材２の伸縮に伴って振動放射部材５が図中上下方向に振動する際に、強磁性体３と振動放射部材５とは接触したまま相対的に移動可能となっており、下記の閉磁気回路は常に形成されていることになる。

振動放射部材５はヨークとしての作用を有するものであり、図示の構成では、強磁性体３、磁歪材２、振動放射部材５およびヨーク６からなる閉磁気回路が形成されている。

このような閉磁気回路が形成されることにより、反磁界の影響を避けることができる。

強磁性体３は、磁歪材２よりも大きな飽和磁束密度を有する軟磁性材料で構成されることが好ましい。　このような軟磁性材料としては、例えば、炭素鋼（Ｓ４５Ｃ等）などが好ましい。　飽和磁束密度のより高い材料を用いれば、磁歪材２の断面積よりも強磁性体３の断面積を小さくすることが可能となる。　従って、磁歪振動子１の小型化が実現する。

また、ヨーク６と、ヨークとしての作用を有する振動放射部材５も、このような飽和磁束密度の高い軟磁性材料から構成されることが好ましい。

また、上記閉磁気回路を構成する軟磁性材料は、透磁率が高いことが好ましい。

本発明では、円筒状等の筒状の磁歪材を用いるため、柱状の磁歪材を用いる場合に比べて同一断面積であっても厚さを薄くでき、渦電流を低減することができる。　柱状の磁歪材を用いる場合は渦電流損を減少させるために磁歪材と絶縁材とを磁界印加方向に直角な方向に積層する必要があるが、筒状の磁歪材は渦電流損が少ないため絶縁材と積層する必要がない。　このため、磁歪材の製造が容易となる。

なお、コイル４は、閉磁気回路を構成するこれらの部材とは電気的に絶縁されて配設されている。

強磁性体３にはバイアス磁界が印加されることが好ましい。　磁歪材は印加磁界強度が変化すると変位量もそれに応じて変化するが、変位量は印加磁界強度には必ずしも比例しない。このため、印加磁界強度の変化に対する変位量の大きい部分を使うために、直流バイアス磁界を印加する。

図示例では、コイル４に流す交流電流に重畳して直流電流を流す構成となっているが、バイアス磁界印加用のコイルを、コイル４と独立して設ける構成としてもよい。

また、強磁性体３の一部に永久磁石を設ける構成としてもよいが、永久磁石は一般に飽和磁束密度や透磁率が低く、また、強磁性体３内に反磁界が発生するので、バイアス磁界はコイルにより印加する構成とすることが好ましい。ただし、著しく高い飽和磁束密度が要求されない場合は永久磁石を設けてもよく、特にフェライト磁石などは強度が高いため、強磁性体３をこのような永久磁石だけから構成してもよい。

強磁性体３に印加される磁界の強度が変化すると、それに伴って磁歪材２に印加される磁界強度が変化して磁歪材２は軸方向に伸縮し、振動放射部材５も磁歪材２の伸縮に伴って図中上下方向に往復運動して振動が放射される。

なお、磁歪振動子１は、例えば水等の媒質中に吊された状態で振動を放射するが、錘７は、このような場合に振動放射部材５の振動放射効率を高めるために設けられている。　磁歪材２が伸縮すると、振動放射部材５とケーシング８とが相対的に振動運動を行ない、媒質中にはこの両者から振動が放射される。　従って、主として振動放射部材５により媒質中に振動を放射するためには、ケーシング８とこれに固定されている各部材との合計質量を、振動放射部材５の質量よりも大きくする必要があり、好ましくは３倍程度以上とすることが好ましい。　このため、強磁性体３、ヨーク６およびケーシング８の合計質量が不足する場合には、錘７を設けることが好ましい。　なお、錘７の材質は、軟磁性材料であっても非磁性材料であってもよい。

なお、本発明では、図示の磁歪振動子１に限らず、種々の変形が可能である。

例えば、磁歪材２は筒状であればよく、図示例の円筒状の他、多角形断面を有する角筒状であってもよいが、デッドスペースが生じないことから円筒状とすることが好ましい。

また、強磁性体３は、図示例の円柱状の他、角柱状であってもよいが、デッドスペースが生じないことから円柱状とすることが好ましい。　また、図示例のボルト５１およびバネ５２を振動放射部材５の中央に設けて強磁性体３とボルト５１とを螺合させる構成としてもよく、この場合、強磁性体３を、中央に貫通孔を設けた筒状としてもよい。　ただし、外径を小さくするためには、強磁性体３は柱状とすることが好ましい。

また、振動放射部材５にケーシング８に向かう方向の力を印加するためには、図示例のようにバネ５２を使う方法の他、径の細いボルトないしネジで振動放射部材５とケーシング８側とを結合し、このボルトないしネジの弾性を利用することもできる。

また、強磁性体３が挿入される凹部をヨーク６に設け、強磁性体３の一端部を振動放射部材５に固定する構成としてもよく、強磁性体３を振動放射部材５とヨーク６のいずれにも固定せず、両者で挟持する構成としてもよい。

また、振動放射部材５がヨークを兼ねる図示の構成に限らず、振動放射部材とヨークとを別体的に設けてもよい。　すなわち、図示の振動放射部材５と同様な構成のヨークを設け、このヨークの下面に接して振動放射部材を設ける構成としてもよい。　この場合には、振動放射部材５の材質は軟磁性材料に限らず、種々の非磁性材料が使用可能である。

また、質量の大きなヨーク８を用いることにより、錘７を省略する構成も可能である。

また、ケーシング８は非磁性体であっても軟磁性体であってもよいが、ケーシング８を質量の大きな肉厚の軟磁性材料で構成してヨークとしてのはたらきをもたせ、ヨーク６および錘７を省略する構成とすることもできる。

磁歪振動子１の寸法は、目的とする振動数や要求される能力によっても異なるため、特に限定されない。

本発明で用いる磁歪材２は、希土類金属元素および鉄を含有する。　このような磁歪材は磁歪量が大きいため、磁歪振動子や磁歪アクチュ

エータ等に好適である。

希土類元素および鉄を含有する磁歪材の組成に特に制限はないが、1kOeの直流磁界下での磁歪量Δℓ／ℓが400ppm以上であることが好ましく、特に、下記の組成を有するものが好ましい。

[式I]

$$RT_x$$

ここでRは、イットリウム(Y)を含む希土類元素のうちの1種以上を表わし、TはFe、NiおよびCoのうちの1種以上を表わす。

上記組成において、$1.5 \leq x \leq 2.5$、特に$1.85 \leq x \leq 2.00$であることが好ましい。

xが上記範囲外となると、高磁界における磁歪量および単位磁界強度あたりの磁歪変化率dλ／dHが低下する。

希土類元素としては、La、Nd、Pm、Sm、Gd、Tb、Eu、Dy、Ho、Er、Yb、Lu、Tmのランタノイド元素が好ましく、これらから選ばれる1種以上の元素の組合せとしては、Sm、Tb、Dy、Ho、ErおよびTm単独、TbGd、TbDy、TbHo、TbHoDy、SmTb、SmDy、SmHo、SmEr、SmHoDy、HoErならびにHo、ErおよびDyの2種以上の組合せが好ましく、さらに、常温で高磁界および低磁界での磁歪量が優れている点から、これらのうち特に、Tb単独、Tbの一部をDyおよび／またはHoで置換したもの、Sm単独、Smの一部をDyおよび／またはHoで置換したものが好ましい。

なお、Tbを含有するものは正の磁歪を示し、Smを含有するものは負の磁歪を示す。

なお、このような組成中には、さらに全体の30at%以内で遷移金属元素やZn等が含有されていてもよい。

遷移金属元素としては、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Hgが使用可能である。

このような磁歪材料は、米国特許第4375372号明細書、同第4152178号明細書、同第3949351号明細書、同第4308474号明細書、同第4378258号明細書等、特開昭53－64798号公報、本出願人による特願昭62－172376号、同62－227962号、同62－227963号、同63－284133号、同63－284134号、特願平1－41171号等に開示されている。

このような磁歪材料は、一般的な合金製造法、例えば、アークメルト法、一方向性凝固法、ゾーンメルト法、高周波溶解法、粉末冶金法等によって製造され、所定の形状および寸法に成型加工され、磁歪素子の磁歪材として用いられる。

なお、本発明の磁歪素子は、磁歪アクチュエータとしての使用も可能であり、その場合も上記した磁歪振動子と同様な効果が実現し、強力かつ小型の磁歪アクチュエータが得られる。

この場合、コイルに流される電流は、交流の他、直流、パルス電流等のいずれであってもよい。

＜発明の作用効果＞

本発明の磁歪素子では、通常、柱状の強磁性体にコイルが巻回されており、磁歪材はこの強磁性体およびコイルを包囲するように設けられた筒状体である。　そして、強磁性体と磁歪材とは、閉磁気回路の構成メンバーとなっている。

本発明では、磁歪材を筒状とするため、同一断面積の柱状磁歪材に比べて厚さを著しく薄くでき、渦電流損を著減することができる。従って、高周波磁界が印加される超音波振動子に適用する場合でも磁歪材を非磁性材との積層構造とする必要がなく、生産性が高い。

また、上記構成を有する磁歪振動子に対し、

従来の磁歪振動子として、柱状の磁歪材にコイルを巻回した構成の磁歪振動子を考え、本発明による磁歪振動子と寸法の比較を行なうと、下記のようになる。

まず、両磁歪振動子が同等の能力を有するように、磁歪材の材質、断面積および磁歪材に印加される磁界強度を同じに設定する。

また、本発明で用いる強磁性体の飽和磁束密度を、磁歪材の飽和磁束密度よりも大きく設定する。

これらの磁歪振動子において、本発明における柱状強磁性体と従来の柱状磁歪材の断面積とを比較すると、柱状強磁性体の断面積は、飽和磁束密度の大きさに対応して柱状磁歪材の断面積よりも小さくて済むので、コイルの外径を小さくすることができる。

この結果、コイルの外側に筒状磁歪材があるにも拘らず、本発明による磁歪振動子は従来のものと比べ外径を小さくすることが可能である。

4．図面の簡単な説明

第1図は、本発明の磁歪素子の好適実施例である磁歪振動子の断面図である。

符号の説明

1…磁歪振動子
2…磁歪材
3…強磁性体
4…コイル
5…振動放射部材
51…ボルト
52…バネ
6…ヨーク
7…錘
8…ケーシング

出願人　ティーディーケイ株式会社
代理人　弁理士　石井陽一
同　弁理士　増田達哉

FIG. 1

